

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JC584 U.S. PTO  
09/571445  
05/24/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

1999年 5月25日

出願番号  
Application Number:

平成11年特許願第144932号

出願人  
Applicant(s):

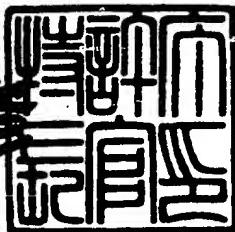
オリンパス光学工業株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年 4月21日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近藤 隆彦



【書類名】 特許願  
【整理番号】 A009902632  
【提出日】 平成11年 5月25日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H04N 9/31  
【発明の名称】 色再現システム  
【請求項の数】 3  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学  
工業株式会社内  
【氏名】 大澤 健郎  
【特許出願人】  
【識別番号】 000000376  
【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100058479  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 鈴江 武彦  
【電話番号】 03-3502-3181  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100084618  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 村松 貞男  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100068814  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 坪井 淳  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100100952

【弁理士】

【氏名又は名称】 風間 鉄也

【選任した代理人】

【識別番号】 100097559

【弁理士】

【氏名又は名称】 水野 浩司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9602409

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 色再現システム

【特許請求の範囲】

【請求項1】

被写体の分光反射率に対応した観察照明光の下での三刺激値を算出する三刺激値算出手段と、

前記三刺激値に基づいて出力カラー画像信号を算出するカラー画像信号算出手段と、

前記出力カラー画像信号を受けてカラー画像を出力するカラー画像出力手段とからなる色再現システムにおいて、

前記三刺激値算出手段は、複数の単位色票からなる色票の分光反射率データと該色票を観察照明光の下で入力装置により撮影して得られた色票撮影データと該入力装置の分光感度データおよび等色関数データを用いて、前記三刺激値を算出することを特徴とする色再現システム。

【請求項2】

前記三刺激値算出手段は、

前記被写体の分光反射率と等色関数の積と、前記色票の分光反射率と前記入力装置の分光感度の積との関係より求められるマトリクスを前記色票撮影データに乘じることにより、前記三刺激値を算出することを特徴とする請求項1に記載の色再現システム。

【請求項3】

前記三刺激値算出手段は、

前記被写体の分光反射率の複数の基底関数と等色関数の積と、前記色票の分光反射率と前記入力装置の分光感度の積との関係より求められるマトリクスを前記色票撮影データに乘じることにより求められた基底関数三刺激値の線形和として前記三刺激値を求めることが特徴とする請求項1に記載の色再現システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、被写体の分光反射率に対応した観察照明光下における三刺激値を算出するカラー画像処理装置を有する色再現システムに関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

近年、カラーCRTモニタやカラープリンタなどの複数のカラー画像機器間で入出力画像の色を合わせるカラーメネージメントシステム(CMS)がカラー画像を扱う様々な分野において普及しつつある。CMSにおいては、被写体を撮影する際の撮影照明光と撮影により得られた画像データをCRTモニタに表示もしくはプリンタにより出力した画像を観察する場合の観察照明光とが異なる場合、人の視覚特性の変化により、観察される画像の色の見えがそれぞれの環境で異なるということが正確に色の見えを再現する場合に問題となる。

## 【0003】

このような問題を解決する手段の一つとして、被写体の分光反射率 $f(\lambda)$ を求め、これに観察照明光のスペクトル $E_o(\lambda)$ を乗じた反射スペクトルのCIE XYZを算出して表示するという色再現方法がとられる。分光反射率 $f(\lambda)$ は、被写体を撮影して得られた被写体画像の各画素に対応した分光反射率として求められる。ここで、CIEXYZは国際照明委員会(CIE)の定めるXYZ等色関数 $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ を用いて次式により算出される。

## 【0004】

## 【数1】

$$x = \int_{\lambda=380}^{780} x(\lambda) E_o(\lambda) f(\lambda) d\lambda$$

$$y = \int_{\lambda=380}^{780} y(\lambda) E_o(\lambda) f(\lambda) d\lambda$$

$$z = \int_{\lambda=380}^{780} z(\lambda) E_o(\lambda) f(\lambda) d\lambda$$

## 【0005】

但し、 $\lambda$ は波長 [nm] である。このように被写体画像の各画素に対応した分光反射率  $f(\lambda)$  を求め、これに基づき観察照明光下の XYZ を算出して表示する方法では、観察照明光下に被写体がある場合の XYZ を表示することから、色順応等の視覚モデルを用いずに正確な色の見えを再現することができる。

## 【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

上述した従来の色再現システムでは、被写体の分光反射率  $f(\lambda)$  から観察照明光下における XYZ を算出するために、観察照明光のスペクトル  $E_o(\lambda)$  を求める必要がある。しかし、高精度にスペクトルを測定するには、分光光度計等の測定器が必要であるため、観察照明光  $E_o(\lambda)$  のスペクトルを測定するために各観察場所に分光光度計を用意しなければならないという煩雑さがある。

## 【0007】

本発明は、従来のように分光光度計等の測定器を用いずに被写体の分光反射率に対応した観察照明光下における三刺激値を算出するカラー画像処理装置を有する色再現システムを提供することを目的とする。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため、本発明は被写体の分光反射率に対応した観察照明光の下での三刺激値を算出する三刺激値算出手段と、前記三刺激値に基づいて出力カラー画像信号を算出するカラー画像信号算出手段と、前記出力カラー画像信号を受けてカラー画像を出力するカラー画像出力手段とからなる色再現システムにおいて、前記三刺激値算出手段は、複数の単位色票からなる色票の分光反射率データと該色票を観察照明光の下で入力装置により撮影して得られた色票撮影データと該入力装置の分光感度データおよび等色関数データを用いて、前記三刺激値を算出することを特徴とする。

## 【0009】

このような構成により、本発明では分光反射率が既知の色票とこれを撮影する分光感度が既知の入力装置を用いることにより、被写体の分光反射率に対応した観察照明光の下での三刺激値を求めることができる。すなわち、分光光度計等の

測定器を用いることなく、分光反射率画像データを観察照明光下における三刺激値であるXYZ画像データに変換することができる。

#### 【0010】

一つの態様によると、前記三刺激値算出手段は、前記被写体の分光反射率と等色関数の積と、前記色票の分光反射率と前記入力装置の分光感度の積との関係より求められるマトリクスを前記色票撮影データに乗じることにより、前記三刺激値を算出することを特徴とする。

#### 【0011】

このようにすると、被写体の分光反射率と等色関数の積を色票の分光反射率と色票を撮影する入力装置の分光感度の積により展開可能である場合には、非常に正確に分光反射率画像データを観察照明光下における三刺激値であるXYZ画像データに変換することが可能となる。

#### 【0012】

また、上記展開が不可能な場合でも、被写体の分光反射率に応じて使用する色票とこれを撮影するための入力装置の特性を変えることによって、展開精度を高めることで高精度な変換が可能となる。

#### 【0013】

他の態様によると、前記三刺激値算出手段は、前記被写体の分光反射率の複数の基底関数と等色関数の積と、前記色票の分光反射率と前記入力装置の分光感度の積との関係より求められるマトリクスを前記色票撮影データに乗じることにより求められた基底関数三刺激値の線形和として前記三刺激値を求めることを特徴とする。

#### 【0014】

このようにすると、被写体の分光反射率の複数の基底関数と等色関数の積を色票の分光反射率と色票を撮影する入力装置の分光感度の積により展開可能である場合には、非常に正確に分光反射率画像データを観察照明光下における三刺激値であるXYZ画像データに変換することができる。

#### 【0015】

また、上記展開が不可能な場合でも、被写体の分光反射率の基底関数に応じて

使用する色票とこれを撮影するための入力装置の特性を変えることによって、展開精度を高めることで高精度な変換を行うことができる。

#### 【0016】

また、被写体の分光反射率が全て基底関数により展開される場合には、基底関数に対する変換精度を予め評価することにより、実際の被写体に対する変換精度を予め求めることも可能となる。

#### 【0017】

さらに、被写体の分光反射率の基底関数に対応した観察照明光下における三刺激値を予め計算しておくことができるため、被写体の分光反射率に対する展開係数を入力した後、被写体の分光反射率に対応した観察照明光下における三刺激値を基底関数の三刺激値の線形和により高速に算出することができる。

#### 【0018】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

##### （第1の実施形態）

図1に、本発明の第1の実施形態に係る色再現システムを示す。被写体1が撮影照明2による撮影照明光の下で第1のデジタルカメラ3によって撮影されることにより、被写体画像信号がRGB画像データとしてデジタルカメラ3から出力される。このRGB画像データは、分光反射率算出装置4に入力される。

#### 【0019】

分光反射率算出装置4は、デジタルカメラ3からのRGB画像データを入力して、デジタルカメラ3の分光感度データと撮影照明光のスペクトルデータと被写体分光反射率の統計データおよび等色関数データを用いて被写体1の分光反射率 $f(\lambda)$ をRGB画像データの各画素に対応した分光反射率として算出し、この分光反射率 $f(\lambda)$ の分布に対応した画像データ（これを分光反射率画像データという）Fを出力する。この分光反射率画像データFは、三刺激値算出装置5に入力される。

#### 【0020】

一方、色票6が観察照明7による観察照明光の下で入力装置である第2のディ

ジタルカメラ8によって撮影されることにより、色票6に対応した色票画像データP'がディジタルカメラ8から出力される。色票6は複数(M)枚の独立した分光反射率の単位色票をマトリクス状に配列して構成されており、照明むらのないよう配置されてディジタルカメラ8により撮影される。色票画像データP'は、三刺激値算出装置5に入力される。

#### 【0021】

三刺激値算出装置5は、分光反射率算出装置4から入力される分光反射率画像データFと第2のディジタルカメラ8から入力される色票画像データP'、とディジタルカメラ8の分光感度データと色票6の分光反射率分布を示す色票分光反射率データおよび等色関数データから、観察照明光下における被写体1の分光反射率に対応した三刺激値XYZを算出して、XYZ画像データを出力する。このXYZ画像データは、カラー画像信号算出装置9に入力される。ディジタルカメラ8の分光感度と色票分光反射率および等色関数はいずれも既知の値であり、これらのデータは予め三刺激値算出装置5の内部で記憶保持されているものとする。

#### 【0022】

カラー画像信号算出装置9は、三刺激値算出装置5から入力されたXYZ画像データを予め測定により得られたCRTモニタ10の入出力特性情報であるモニタプロファイルを用いて、出力カラー画像信号R' G' B'に変換する。この出力カラー画像信号R' G' B'は、カラー画像出力手段であるCRTモニタ10に入力され、これによりCRTモニタ10には観察照明光下の被写体1の色を有する被写体画像が表示される。

#### 【0023】

次に、図1の各部の詳細な構成と処理について詳細に説明する。

図2に、分光反射率算出装置4の構成を示す。この分光反射率算出装置4は、マトリクス変換装置21と記憶装置22およびマトリクス算出装置23から構成される。第1のディジタルカメラ3からのRGB画像データはマトリクス変換装置21に入力され、記憶装置22に記憶されたデータに基づいてマトリクス算出装置23により算出されたマトリクスが乗じられることによって、分光反射率画像データFが出力される。

## 【0024】

図2の分光反射率算出装置4についてさらに詳しく説明すると、記憶装置22は第1のデジタルカメラ3の分光感度データH、撮影照明光スペクトルデータE<sub>m</sub>、被写体1の分光反射率の相関行列データAを380nm～780nmの波長領域において1nm間隔のデータとして記憶保持している。撮影照明光スペクトルデータE<sub>m</sub>は、予め分光計等により測定されるか、もしくは設定されたものである。また、被写体1の分光反射率の相関行列データAも、予め測定されたデータから算出される。

## 【0025】

マトリクス算出装置23は、記憶装置22からH、A、E<sub>m</sub>の各データを読み込み、デジタルカメラ3からのRGB画像データを分光反射率画像データFに変換するための分光反射率推定マトリクスMを算出する。分光反射率推定マトリクスMは、3次元データであるRGB画像データを380nm～780nmの波長領域における1nm間隔の401次元の分光反射率に変換するための401×3のマトリクスであり、デジタルカメラ3から出力されるRGB画像データをGとして、

## 【0026】

## 【数2】

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \langle (F - MG)^T (F - MG) \rangle \\ &= \langle (F - MHE_m F)^T (F - MHE_m F) \rangle \end{aligned}$$

## 【0027】

ここで、

## 【0028】

【数3】

$$H = \begin{pmatrix} r(380), r(381), \dots, r(780) \\ g(380), g(381), \dots, g(780) \\ b(380), b(381), \dots, b(780) \end{pmatrix}$$

$$E_m = \begin{pmatrix} E_m(380), 0, \dots, 0 \\ 0, E_m(381), \dots, 0 \\ \dots \\ 0, 0, \dots, E_m(780) \end{pmatrix}$$

$$F = (f(380), f(381), \dots, f(780))^t$$

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ \vdots \\ m_{4011} & m_{4012} & m_{4013} \end{pmatrix}$$

【0029】

を最小とするMとして、

【0030】

【数4】

$$M = A(HEm)^t (HEmA(HEm)^t)^{-1}$$

ただし、

$$A = \langle FF^t \rangle$$

【0031】

により算出される。マトリクス変換装置21は、この分光反射率推定マトリクスMをRGB画像データGに乗じることによって、分光反射率画像データFを出力する。

【0032】

図3に、三刺激値算出装置5の構成を示す。この三刺激値算出装置5は、三刺激値マトリクス算出装置31と記憶装置32と画像切り出し装置33および三刺激値マトリクス変換装置34から構成される。

#### 【0033】

図1および図2の分光反射率算出装置4から出力される分光反射率画像データFは三刺激値マトリクス算出装置31に入力され、記憶装置32に記憶されたデータに基づいて三刺激値マトリクスMqcが算出される。この三刺激値マトリクスMqcは、三刺激値マトリクス変換装置34に入力される。この三刺激値マトリクス変換装置34において、三刺激値マトリクスMqcが画像切り出し装置33により切り出された色票撮影データPに乘じられてマトリクス変換が行われることにより、三刺激値Cが求められる。

#### 【0034】

図3の三刺激値算出装置5についてさらに詳しく説明すると、記憶装置32は第2のデジタルカメラ8の分光感度データH2、等色関数データcおよび色票6の分光反射率データqを380nm～780nmの波長領域において1nm間隔のデータとして記憶保持している。

#### 【0035】

三刺激値マトリクス算出装置31では、記憶装置32からH2, c, qの各データを読み込み、第2のデジタルカメラ8から画像切り出し装置33を介して入力された色票撮影データPを分光反射率算出装置4から読み込んだ分光反射率画像データFの観察照明光スペクトル下における三刺激値Cに変換するための三刺激値推定マトリクスMqcを算出する。

#### 【0036】

画像切り出し装置33は、色票6を第2のデジタルカメラ8で撮影することにより得られた色票画像データP'から各単位色票領域のデータを切り出し、その平均信号値を算出することにより色票撮影データPを得るものである。色票6は複数(M)枚の独立した分光反射率の単位色票から構成されているので、これらM枚の単位色票をデジタルカメラ8によりRGB3チャンネルで撮影し、画像切り出し装置33で切り出すことにより、3M個の色票撮影データPが得られ

ることになる。

## 【0037】

三刺激値推定マトリクス  $M_{qc}$  は、この RGB 3 チャンネルにより得られる 3M 個の色票撮影データ  $P$  を 3 次元の XYZ 画像データである三刺激値  $C$  に変換するための  $3 \times 3M$  のマトリクスである。この三刺激値推定マトリクス  $M_{qc}$  は、第 2 のデジタルカメラ 8 の分光感度データ  $H_2$  を  $h_i^{(2)}(\lambda)$  ( $i = 1 \sim 3$ ) 、色票 6 の分光反射率データ  $q$  を  $q_j(\lambda)$  ( $j = 1 \sim M$ ) 、等色関数データ  $c$  を  $c_i(\lambda)$  ( $i = 1 \sim 3$ ) として、

## 【0038】

## 【数5】

$$f'_i(\lambda) = c_i(\lambda)f(\lambda) \quad (i = 1 \sim 3)$$

$$q'_{M(i-1)+j}(\lambda) = h_i^{(2)}(\lambda)q_j(\lambda) \quad (i = 1 \sim 3, j = 1 \sim M)$$

$$f' = (f'_1, f'_2, f'_3)^t$$

$$f'_i = (f'_i(\lambda_1), f'_i(\lambda_2), \dots, f'_i(\lambda_N))$$

$$q' = (q'_1, q'_2, \dots, q'_{3M})^t$$

$$q'_i = (q'_i(\lambda_1), q'_i(\lambda_2), \dots, q'_i(\lambda_N))$$

## 【0039】

と表すと、

## 【0040】

## 【数6】

$$E_{qc} = (f' - M_{qc}q')^t(f' - M_{qc}q')$$

## 【0041】

を最小にする  $M_{qc}$  として、

## 【0042】

【数7】

$$M_{qc} = f' q'^t (q' q'^t)^{-1}$$

【0043】

により算出される。

【0044】

すなわち、三刺激値推定マトリクス  $M_{qc}$  は、被写体 1 の分光反射率  $f(\lambda)$  と等色関数  $c_i(\lambda)$  の積と、色票 6 の分光反射率  $q_j(\lambda)$  と色票 6 を撮影する入力装置であるデジタルカメラ 8 の分光感度  $h_i^{(2)}(\lambda)$  の積との関係から求められる。

【0045】

こうして算出された三刺激値推定マトリクス  $M_{qc}$  は三刺激値マトリクス変換装置 34 に入力され、次式により三刺激値  $C$  が算出される。

【0046】

【数8】

$$C = M_{qc} P$$

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_{3M})^t$$

$$C = (x, y, z)^t$$

【0047】

上式から明らかなように、 $E_{qc}$  が 0 の時、任意の観察照明光スペクトル  $E_o$  について上式により正確な三刺激値  $C$  を得ることができる。こうして三刺激値マトリクス変換装置 34 により算出された三刺激値  $C$  は、図 1 のカラー画像信号算出装置 9 に入力される。

【0048】

図 4 に、カラー画像信号算出装置 9 の構成を示す。このカラー画像信号算出装置 9 は、出力 RGB マトリクス変換装置 41 と記憶装置 42 および階調補正装置

4 3 から構成される。カラー画像信号算出装置 9 には、図 3 に示した三刺激値算出装置 5 内の三刺激値マトリクス変換装置 3 4 から出力される三刺激値 C が入力される。三刺激値 C は、出力 RGB マトリクス変換装置 4 1 において記憶装置 4 2 から与えられる出力 RGB マトリクス M<sub>CM</sub> に従って、次式により RGB データ G に変換される。

【0049】

【数9】

$$G = M_{CM}C$$

ただし、

$$G = (R, G, B)^t$$

$$M_{CM} = \begin{pmatrix} X_r X_g X_b \\ Y_r Y_g Y_b \\ Z_r Z_g Z_b \end{pmatrix}^{-1}$$

【0050】

ここで、X<sub>r</sub>、X<sub>g</sub>、X<sub>b</sub> はそれぞれ R、G、B 最大発光時の X を表す。Y、Z についても同様である。

【0051】

出力 RGB マトリクス変換装置 4 1 により算出された RGB データ G は階調補正装置 4 3 に入力され、記憶装置 4 2 から与えられる階調補正データに従ってそれぞれ非線形な階調補正が行われる。この階調補正後の RGB データ G'（図 1 の R' G' B' に相当）は出力カラー画像信号として CRT モニタ 1 0 に入力され、CRT モニタ 1 0 上に被写体 1 のカラー画像が表示される。

【0052】

このように本実施形態によれば、三刺激値算出装置 5 において分光反射率が既知の色票 6 と色票 6 を撮影するための分光感度が既知の入力装置であるデジタルカメラ 8 を用いることにより、分光光度計等の測定器を用いずに分光反射率画像データ F を観察照明光下における三刺激値 C である XYZ 画像データに変換す

ることができる。

#### 【0053】

ここで、被写体1の分光反射率 $f(\lambda)$ と等色関数 $c_i(\lambda)$ の積を色票6の分光反射率 $q_j(\lambda)$ と色票6を撮影する入力装置であるディジタルカメラ8の分光感度 $h_i^{(2)}(\lambda)$ の積により展開可能である場合には、非常に正確に分光反射率画像データFを観察照明光下における三刺激値CであるXYZ画像データに変換することが可能となる。

#### 【0054】

また、本実施形態では被写体1の分光反射率 $f(\lambda)$ に応じて、使用する色票6とこれを撮影するための入力装置である第2のディジタルカメラ8の特性をえることによって、さらに高精度な変換が可能となる。

#### 【0055】

##### (第2の実施形態)

図5に、本発明の第2の実施形態に係る色再現システムを示す。本実施形態では、分光反射率算出装置14の出力は被写体1の分光反射率を基底関数の線形和として表したときの展開係数となる。本実施形態において、分光反射率算出装置14および三刺激値算出装置15以外の構成は、第1の実施形態において説明したものと同様なので、説明を省略する。

#### 【0056】

分光反射率算出装置14は、ディジタルカメラ3からのRGB画像データを入力して、ディジタルカメラ3の分光感度データと撮影照明光のスペクトルデータと被写体1の光反射率の統計データおよび等色関数データを用いて、被写体1の分光反射率を基底関数の線形和として表した場合の展開係数データKを出力する。この展開係数データKは、三刺激値算出装置15に入力される。三刺激値算出装置15には、複数の単位色票からなる色票6が観察照明7による観察照明光の下で入力装置である第2のディジタルカメラ8によって撮影されることによりディジタルカメラ8から出力される色票6に対応した色票画像データP'も入力される。

#### 【0057】

三刺激値算出装置15は、分光反射率算出装置14から入力された展開係数データKと第2のディジタルカメラ8から出力される色票画像データP' とディジタルカメラ8の分光感度データと色票6の分光反射率データおよび等色関数データから、観察照明光下における被写体1の分光反射率に対応した三刺激値XYZを算出して、XYZ画像データをカラー画像信号算出装置9に入力する。ディジタルカメラ8の分光感度と色票分光反射率および等色関数はいずれも既知の値であり、これらのデータは予め三刺激値算出装置15内で記憶保持されているものとする。

#### 【0058】

図6に、分光反射率算出装置14の構成を示す。この分光反射率算出装置14は、マトリクス変換装置61と記憶装置62およびマトリクス算出装置63から構成される。第1のディジタルカメラ3からのRGB画像データはマトリクス変換装置61に入力され、記憶装置62に記憶されたデータに基づいてマトリクス算出装置63により算出されたマトリクスが乗じられることによって、分光反射率の展開係数データKが出力される。

#### 【0059】

記憶装置62は、第1のディジタルカメラ3の分光感度データH、被写体1の分光反射率を基底関数の線形和として表した場合の展開係数の相関行列のデータA' 、被写体1の分光反射率の基底関数データVおよび撮影照明光スペクトルデータEmを380nm～780nmの波長領域において1nm間隔のデータとして記憶保持している。

#### 【0060】

マトリクス算出装置63では、記憶装置62からH、A' 、V、Emの各データを読み込み、ディジタルカメラ3からのRGB画像データを被写体分光反射率の展開係数データKに変換するための展開係数推定マトリクスMを算出する。この展開係数推定マトリクスMは、RGB3次元のデータをR個の基底関数にかかる展開係数に変換するためのR×3のマトリクスであり、ディジタルカメラ3からのRGB画像データをGとして、

#### 【0061】

【数 1 0】

$$\begin{aligned}\text{Error} &= \langle (\mathbf{K} - \mathbf{M}\mathbf{G})^T (\mathbf{K} - \mathbf{M}\mathbf{G}) \rangle \\ &= \langle (\mathbf{K} - \mathbf{M}\mathbf{H}\mathbf{E}_m \mathbf{F})^T (\mathbf{K} - \mathbf{M}\mathbf{H}\mathbf{E}_m \mathbf{F}) \rangle \\ &= \langle (\mathbf{K} - \mathbf{M}\mathbf{H}\mathbf{E}_m \mathbf{V}\mathbf{K})^T (\mathbf{K} - \mathbf{M}\mathbf{H}\mathbf{E}_m \mathbf{V}\mathbf{K}) \rangle\end{aligned}$$

【0 0 6 2】

ここで、

【数 1 1】

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} \mathbf{r}(380), \mathbf{r}(381), \dots, \mathbf{r}(780) \\ \mathbf{g}(380), \mathbf{g}(381), \dots, \mathbf{g}(780) \\ \mathbf{b}(380), \mathbf{b}(381), \dots, \mathbf{b}(780) \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{E}_m = \begin{pmatrix} \mathbf{E}_m(380), 0, \dots, 0 \\ 0, \mathbf{E}_m(381), \dots, 0 \\ \dots \\ 0, 0, \dots, \mathbf{E}_m(780) \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{v} = \begin{pmatrix} \mathbf{v}_1(380)\mathbf{v}_2(380)\dots\mathbf{v}_R(380) \\ \mathbf{v}_1(381)\mathbf{v}_2(381)\dots\mathbf{v}_R(381) \\ \dots \\ \mathbf{v}_1(780)\mathbf{v}_2(780)\dots\mathbf{v}_R(780) \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{k} = (\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2, \dots, \mathbf{k}_R)^T$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ \vdots \\ m_{R1} & m_{R2} & m_{R3} \end{pmatrix}$$

## 【0063】

を最小とするMとして、

## 【0064】

## 【数12】

$$M = \langle K^t K \rangle (HEmV)^t (HEmV^t \langle K^t K \rangle (HEmV)^t)^{-1}$$

## 【0065】

により算出される。マトリクス変換装置61では、こうして算出された展開係数推定マトリクスMをRGB画像データGに乗じることにより、展開係数データKを出力する。

## 【0066】

図7に、三刺激値算出装置15の構成を示す。この三刺激値算出装置15は、画像切り出し装置71と三刺激値マトリクス算出装置72と記憶装置73および三刺激値マトリクス変換装置74から構成される。

## 【0067】

ディジタルカメラ8により色票6を撮影して得られた色票画像データP'は、画像切り出し装置71を介して三刺激値マトリクス算出装置72に入力され、記憶装置73に記憶されたデータに基づいて三刺激値推定マトリクスMqcが算出される。この三刺激値推定マトリクスMqcは、三刺激値マトリクス変換装置74に入力される。この三刺激値マトリクス変換装置74において、三刺激値推定マトリクスMqcが分光反射率算出装置14から出力される被写体1の分光反射率の展開係数データKに乘じられてマトリクス変換が行われることにより、三刺激値Cが求められる。

## 【0068】

図7の各部についてさらに詳しく説明すると、記憶装置73は第2のディジタルカメラ8の分光感度H2、等色関数データc、色票6の分光反射率データq、被写体分光反射率の基底関数データVを380nm～780nmの波長領域において1nm間隔のデータとして記憶保持している。

## 【0069】

三刺激値マトリクス算出装置72では、記憶装置73からH2、c、q、Vの各データを読み込み、第2のデジタルカメラ8から画像切り出し装置71を介して入力された色票撮影データPを分光反射率算出装置14から読み込んだ展開係数データKを展開係数に対応する分光反射率の観察照明光下における三刺激値Cに変換するための三刺激値推定マトリクスMqcを算出する。

## 【0070】

画像切り出し装置71は、色票6を第2のデジタルカメラ8で撮影することにより得られた色票画像データP'から各単位色票領域のデータを切り出し、その平均信号値を算出することにより色票撮影データPを得るものである。色票6は複数(M)枚の独立した分光反射率の単位色票から構成されているので、これらM枚の単位色票をデジタルカメラ8によりRGB3チャンネルで撮影し、画像切り出し装置71で切り出すことにより、3M個の色票撮影データPが得られることになる。

## 【0071】

三刺激値推定マトリクスMqcは、R個の展開係数データKを3次元のXYZ画像データである三刺激値Cに変換するための $3 \times R$ のマトリクスとなる。この三刺激値推定マトリクスMqcは、入力装置であるデジタルカメラ8の分光感度データH2を $h_i^{(2)}(\lambda)$ ( $i = 1 \sim 3$ )、色票6の分光反射率データqを $q_j(\lambda)$ ( $j = 1 \sim M$ )、等色関数データcを $c_i(\lambda)$ ( $i = 1 \sim 3$ )、被写体1の分光反射率の基底関数Vと展開係数Kをそれぞれ $v_1(\lambda)$ 、 $k_1$ ( $l = 1 \sim R$ )とすると、以下の手順により求められる。

## 【0072】

【数13】

$$f(\lambda) = \sum_{1=1}^R k_1 v_1(\lambda)$$

$$f'_{11}(\lambda) = c_i(\lambda)v_1(\lambda) (i = 1 \sim 3, 1 = 1 \sim R)$$

$$q'^{M(i-1)+j}(\lambda) = h_i^{(2)}(\lambda)q_j(\lambda) (i = 1 \sim 3, j = 1 \sim M)$$

$$f'^{(1)} = (f'_{11}, f'_{21}, f'_{31})^t$$

$$f'_{11} = (f'_{11}(\lambda_1), f'_{21}(\lambda_2), \dots, f'_{31}(\lambda_N))$$

$$q' = (q'_1, q'_2, \dots, q'_{3M})^t$$

$$q'_i = (q'_i(\lambda_1), q'_i(\lambda_2), \dots, q'_i(\lambda_N))$$

【0073】

と表すと、

【0074】

【数14】

$$E^{(1)}_{qc} = (f'_1 - M^{-1}_{qc} q')^t (f'_1 - M^{-1}_{qc} q')$$

【0075】

を最小とする  $M^{(1)}_{qc}$  として、

【0076】

【数15】

$$M^{(1)}_{qc} = f'_1 q'^t (q' q'^t)^{-1}$$

【0077】

が算出され、各基底関数の三刺激値  $C^{(1)}$  が次式により求められる。

【0078】

【数16】

$$C^{(1)} = M_{qc}^{(1)} P$$

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_{3M})^t$$

$$C^{(1)} = (x^{(1)}, y^{(1)}, z^{(1)})^t$$

【0079】

そして、三刺激値推定マトリクス  $M_{qc}$  は、

【0080】

【数17】

$$M_{qc} = (C^{(1)}, C^{(2)}, \dots, C^{(R)})$$

【0081】

により算出される。

【0082】

すなわち、三刺激値推定マトリクス  $M_{qc}$  は、被写体 1 の分光反射率  $f(\lambda)$  についての複数の基底関数  $v_1(\lambda)$  と等色関数  $c_i(\lambda)$  の積と、色票 6 の分光反射率  $q_j(\lambda)$  と色票 6 を撮影する入力装置であるデジタルカメラ 8 の分光感度  $h_i^{(2)}(\lambda)$  の積との関係から求められるマトリクス  $M_{qc}^{(1)}$  を色票撮影データ  $P$  に乗じることにより求められた、各基底関数の三刺激値  $C^{(1)}$  の線形和として求められる。

【0083】

こうして算出された三刺激値推定マトリクス  $M_{qc}$  は三刺激値マトリクス変換装置 74 に入力され、次式により三刺激値  $C$  に変換される。

【0084】

【数18】

$$C = M_{qc} K$$

## 【0085】

上式から明らかなように、 $E^{(1)}_{qc}$  ( $l = 1 \sim R$ ) が 0 の時、任意の観察照明光スペクトル  $E_o$  について上式により正確な三刺激値  $C$  を得ることができる。

## 【0086】

こうして三刺激値マトリクス変換装置 74 により算出された三刺激値  $C$  は、図 5 のカラー画像信号算出装置 9 に入力され、第 1 の実施形態と同様に出力カラー画像信号である RGB データに変換された後、CRT モニタ 10 に入力される。カラー画像信号算出装置 9 の構成は、第 1 の実施形態と同様なので、説明を省略する。

## 【0087】

このように本実施形態では、第 1 の実施形態と同様に三刺激値算出装置 15において分光反射率が既知の色票 6 と色票 6 を撮影するための分光感度が既知の入力装置であるデジタルカメラ 8 を用いることにより、分光光度計等の測定器を用いずに分光反射率画像データ  $F$  を観察照明光下における三刺激値である XYZ 画像データに変換することができる。

## 【0088】

ここで、被写体 1 の分光反射率  $f(\lambda)$  の複数の基底関数  $v_l(\lambda)$  と等色関数  $c_i(\lambda)$  の積を色票 6 の分光反射率  $q_j(\lambda)$  と色票 6 を撮影する入力装置であるデジタルカメラ 8 の分光感度  $h_i^{(2)}(\lambda)$  の積により展開可能である場合には、非常に正確に分光反射率画像データ  $F$  を観察照明光下における三刺激値である XYZ 画像データに変換することが可能となる。

## 【0089】

また、本実施形態では被写体 1 の分光反射率  $f(\lambda)$  の基底関数  $V$  に応じて、使用する色票 6 とこれを撮影するための入力装置である第 2 のデジタルカメラ 8 の特性を変えることによって、さらに高精度な変換が可能となる。

## 【0090】

また、本実施形態によると被写体 1 の分光反射率  $f(\lambda)$  が全て基底関数  $V$  により展開されることから、基底関数  $V$  に対する変換精度を予め評価することにより、実際の被写体 1 に対する変換精度を予め求めることも可能となる。

## 【0091】

さらに、本実施形態では被写体1の分光反射率 $f(\lambda)$ の基底関数Vに対応した観察照明光下における三刺激値 $C^{(1)}$ を予め計算しておくことができるため、分光反射率 $f(\lambda)$ に対応する展開係数Kを入力した後、分光反射率 $f(\lambda)$ に対応した観察照明光下における三刺激値Cを基底関数の三刺激値 $C^{(1)}$ の線形和により高速に算出することが可能となる。

## 【0092】

## (その他の実施形態)

本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、以下のように種々変形して実施することが可能である。

## 【0093】

(1) 第1および第2の実施形態では、被写体1の分光反射率 $f(\lambda)$ をデジタルカメラ3により被写体1を撮影して得られた画像データから算出するようにしたが、これに限らず任意の被写体の分光反射率画像データを用いることができる。

## 【0094】

(2) 第1および第2の実施形態では、カラー画像出力手段としてCRTモニタ10を例に説明したが、他の方式のディスプレーやプリンタ等の画像出力装置に置き換えることも可能である。

## 【0095】

(3) 第1および第2の実施形態では、色票6を撮影するための入力装置としてRGB3チャンネルのデジタルカメラ8を用いたが、色票6を撮影するカメラの分光感度特性、チャンネル数は任意のものを用いることができる。

## 【0096】

(4) 本発明においては、被写体1を撮影する撮影側をCRTモニタ10上で被写体画像を表示して観察する観察側に対して遠隔地に設けて、画像データを伝送するシステムを構成してもよい。この場合、分光反射率算出装置4、14、三刺激値算出装置5、15、カラー画像信号算出装置9は、撮影側もしくは観察側のいずれにあってもよい。

## 【0097】

また、この場合には分光反射率算出装置4、14、三刺激値算出装置5、15およびカラー画像信号算出装置9における処理に必要なデータは、各装置内に記憶しておくか、もしくは伝送によって取得することにより、前記実施形態に示した処理を実現することができる。

## 【0098】

(5) 第1の実施形態では、被写体1の分光反射率 $f(\lambda)$ と等色関数 $c_i(\lambda)$ の積が色票6の分光反射率 $q_j(\lambda)$ と色票6を撮影するデジタルカメラ8の分光感度 $h_i^{(2)}(\lambda)$ の組み合わせにより展開できることを条件に、被写体1の観察照明光下における三刺激値Cを求めるようにしたが、被写体1の分光反射率 $f(\lambda)$ が色票6の分光反射率 $q_j(\lambda)$ とデジタルカメラ8の分光感度 $h_i^{(2)}(\lambda)$ の組み合わせの積を等色関数 $c_i(\lambda)$ により除したものによって展開可能な場合も、同様に被写体の観察照明光下における三刺激値Cを求めることができる。

## 【0099】

この場合、被写体1の分光反射率 $f(\lambda)$ にマトリクスを乗じることにより、観察照明光下の三刺激値Cに変換することができ、被写体1をデジタルカメラ3により撮影して得られた被写体画像信号から分光反射率 $f(\lambda)$ を算出するマトリクスと結合することにより、被写体画像信号を直接観察照明光下における三刺激値Cに変換することが可能である。

## 【0100】

本発明は、このように被写体の分光反射率から観察照明光下の三刺激値を算出する場合に限らず、カメラ等の入力装置により得られた信号値から直接観察照明光下の三刺激値を算出する方法も含む。

## 【0101】

(6) 第2の実施形態の変形として、被写体を撮影して得られた被写体画像信号から被写体1の分光反射率 $f(\lambda)$ の基底関数Vの展開係数Kを算出するためのマトリクスと、展開係数から被写体1の観察照明光下における三刺激値Cを算出するためのマトリクスとを結合することにより、被写体画像信号から観察照明

光下の三刺激値Cを直接算出することも可能であり、本発明はこのように本質的に等価な処理方法も含む。

## 【0102】

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば分光光度計等の測定器を用いることなく簡単に被写体の分光反射率画像を観察照明光下における三刺激値画像に変換するカラー画像処理装置を有する色再現システムを提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の第1の実施形態に係る色再現システムの構成を示すブロック図

## 【図2】

同実施形態における分光反射率算出装置の構成を示すブロック図

## 【図3】

同実施形態における三刺激値算出装置の構成を示すブロック図

## 【図4】

同実施形態におけるカラー画像信号算出装置の構成を示すブロック図

## 【図5】

本発明の第2の実施形態に係る色再現システムの構成を示すブロック図

## 【図6】

同実施形態における分光反射率算出装置の構成を示すブロック図

## 【図7】

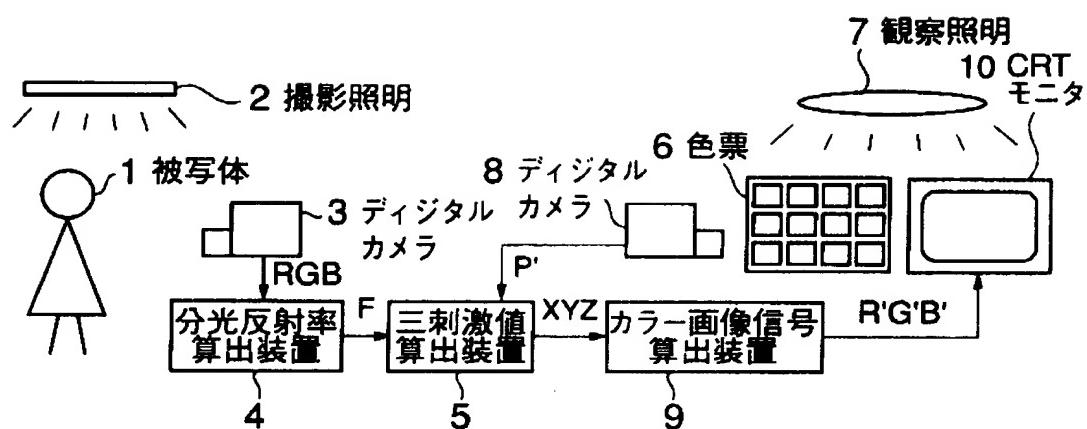
同実施形態における三刺激値算出装置の構成を示すブロック図

## 【符号の説明】

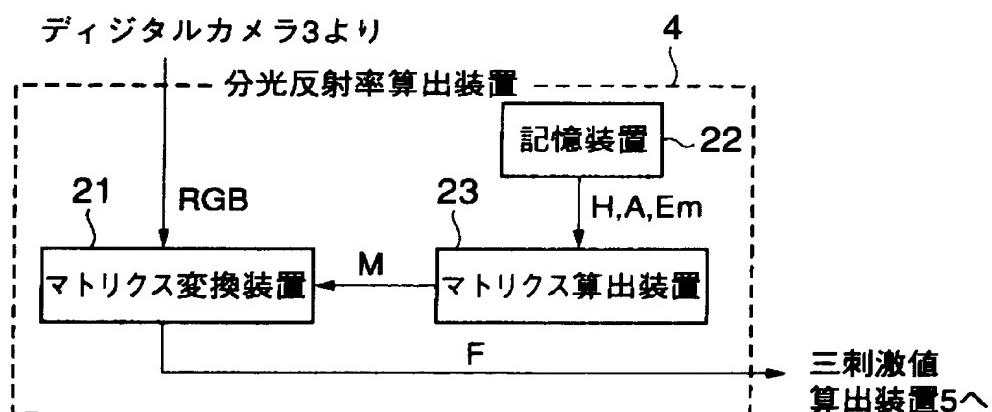
- 1 … 被写体
- 2 … 撮影照明
- 3 … 第1のデジタルカメラ
- 4 … 分光反射率算出装置
- 5 … 三刺激値算出装置
- 6 … 色票

- 7 …観察照明
- 8 …第2のディジタルカメラ
- 9 …カラー画像信号算出装置
- 10 …C R T モニタ
- 14 …分光反射率算出装置
- 15 …三刺激値算出装置
- 31 …三刺激値マトリクス算出装置
- 32 …記憶装置
- 33 …画像切り出し装置
- 34 …三刺激値マトリクス変換装置
- 71 …画像切り出し装置
- 72 …三刺激値マトリクス算出装置
- 73 …記憶装置
- 74 …三刺激値マトリクス変換装置

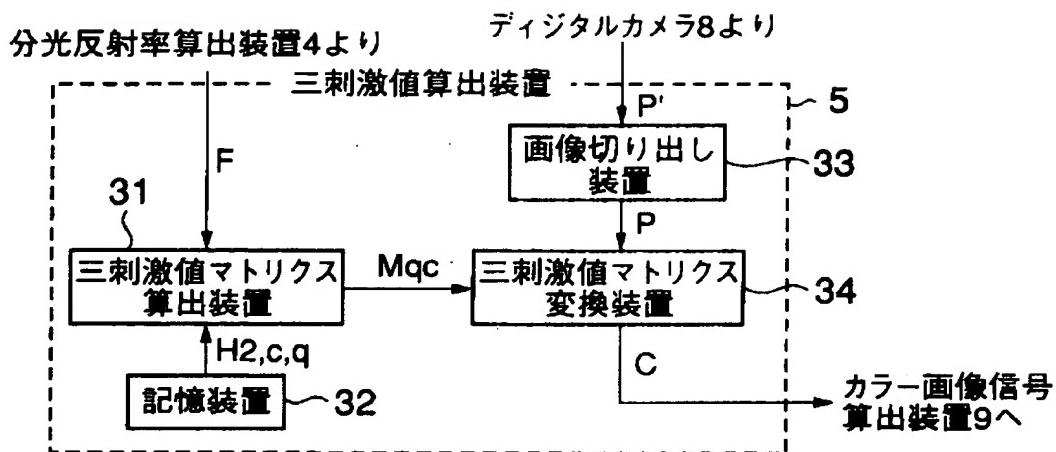
【書類名】 図面  
【図1】



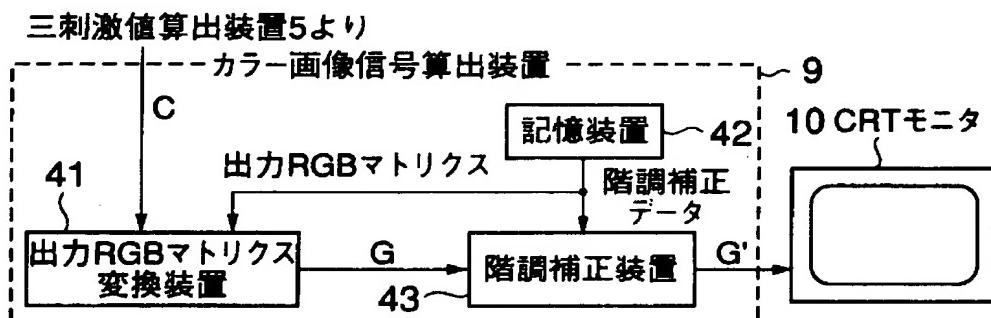
【図2】



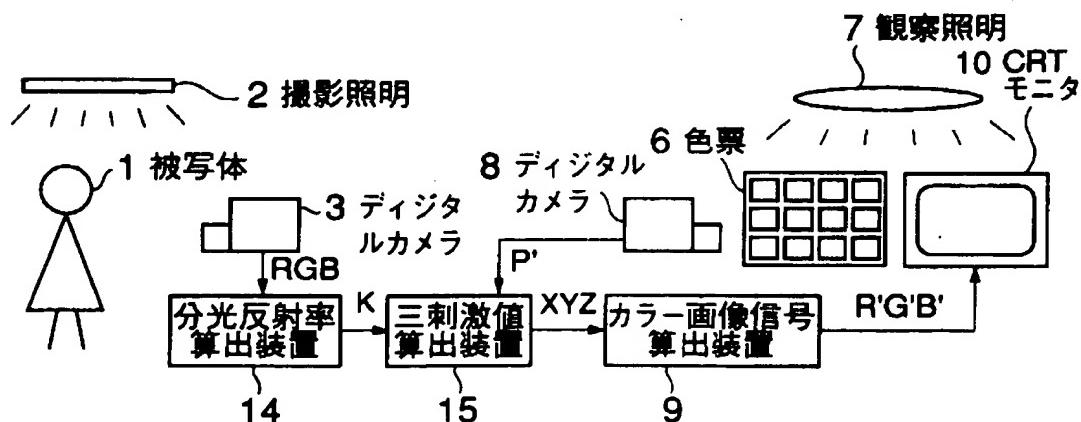
【図3】



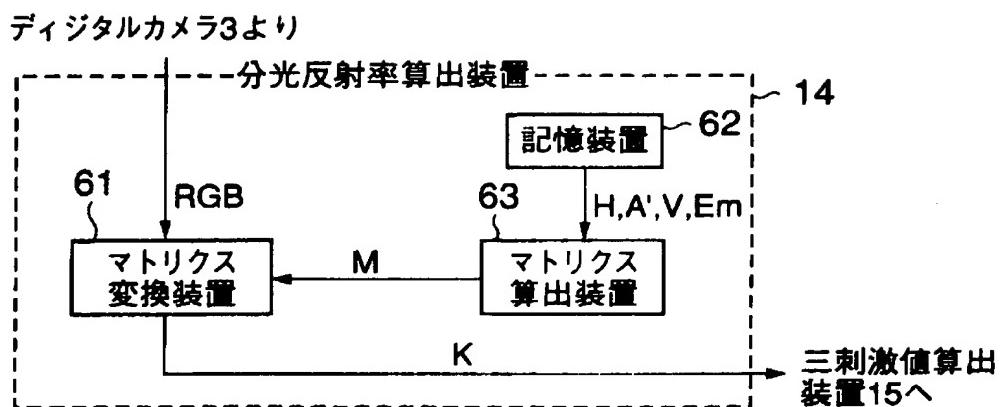
【図4】



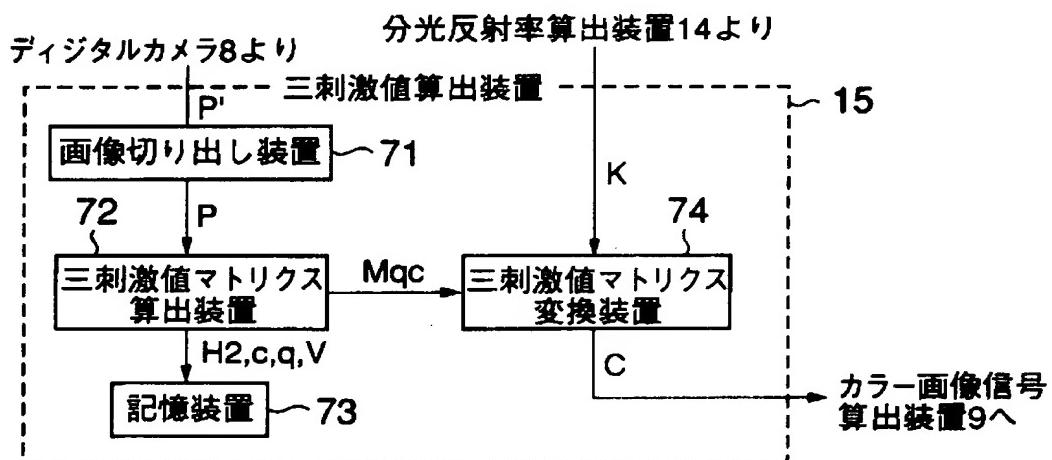
【図5】



【図6】



【図7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 分光光度計を用いずに分光反射率画像を観察照明光下における三刺激値画像に変換するカラー画像処理装置を有する色再現システムを提供する。

【解決手段】 分光反射率算出装置4で求められた被写体1の分光反射率に対応した観察照明光の下での三刺激値XYZを算出する三刺激値算出装置5と、三刺激値XYZに基づいてCRTモニタ10への出力カラー画像信号R' G' B'を算出するカラー画像信号算出装置9とからなる色再現システムにおいて、三刺激値算出装置5は、複数の単位色票からなる色票6の分光反射率データと色票6を観察照明光下でデジタルカメラ8により撮影して得られた色票画像データP' とデジタルカメラ8の分光感度データおよび等色関数データを用いて、被写体1の分光反射率画像データFを観察照明光下での三刺激値画像データXYZに変換する。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [00000376]

1. 変更年月日 1990年 8月20日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

氏 名 オリンパス光学工業株式会社